Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. H. Peckert

Die Brauchbarkeit der Diathermie in der zahnärztlichen Privatpraxis zur Behandlung der Gangrän.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen
vorgelegt
von

Werner Flury
aus Zürich

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen
Verlag von Franz Pietzcker, Tübingen
1933.

Genehmigt von der Medizinischen Fakultät
der Universität Tübingen.

Dekan: Prof. Dr. W o l f .

Berichterstatter: Prof. Dr. P e c k e r t .

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einleitung.

Eines der schwierigsten Probleme in der Praxis des Zahnarztes stellt die Behandlung von Zähnen mit gangränös zerfallener Pulpa und periapicalem Herd dar. Ohne der vor allem von den Amerikanern verfolgten Tendenz, jeden Zahn mit periapicalem Herd zu extrahieren, zu folgen, hat man in Europa eher versucht, solche Zähne zu erhalten; die vielen, in der Fachliteratur beschriebenen Methoden zeigen aber, daß man von einer definitiven Lösung des Problems noch weit entfernt ist. Die klinische Beobachtung solcher Zähne zeigt, daß diese oft noch lang funktionsfähig sind und dem Patienten keine Beschwerden sichtbarer Art verursachen; wir wissen aber, daß selbst bei einem mit aller Sorgfalt fertig behandelten Zahne die periapicalen Veränderungen bestehen bleiben und dabei in den meisten Fällen Bakterien geringer Virulenz in latentem Zustand enthalten. Durch diese noch vorhandenen Bakterien bleibt die Möglichkeit eines späteren, akuten Prozesses erhalten, eine Erkältung oder ein Trauma genügen oft, um ein plötzliches Auftreten einer akuten Entzündung zu bedingen. Neben der Gefahr eines akuten Prozesses besteht auch, wie die Untersuchungen Rosenows bewiesen haben, die Gefahr einer Verschleppung dieser Bakterien auf dem Blutwege mit anschließenden Infektionen an anderen Stellen des Körpers (focal infection).

Es handelt sich also bei einer Gangränbehandlung darum, womöglich alles infizierte Material zum Verschwinden zu bringen und die so behandelten Zähne mit einem Dauerantiseptikum steril zu erhalten. Die Beeinflussung der Bakterien soll sich dabei nicht nur auf den Wurzelkanal als solchen, sondern auch auf die vielen Verästelungen desselben in der Gegend des Apex, seine Seitenkanäle, Querverbindungen und vor allem auch auf den periapicalen Herd erstrecken. Wir verwenden dazu vor allem zwei Wege: entweder die Spitzenresektion nach Partsch oder die verschiedenen mechanisch-medicamentösen Methoden, vor allem die Methode Walkhoff. Dabei ward den letzteren im allgemeinen der Vorzug gegeben, einerseits wegen der durch die Resektion bedingten Schwächung des Zahnes, andrerseits, weil sich doch viele Patienten nicht ohne weiteres zu einem operativen Eingriff entschließen können.

Es ist nun vermittelst der mechanisch-medicamentösen Methoden sehr schwierig, einen infizierten Zahn einwandfrei steril zu erhalten.

Da der Wurzelkanal kein einfaches Gebilde, sondern einen durch Seitenkanäle, Querverbindungen und apicale Verästelungen unterbrochenen Hohlraum darstellt, ist eine mechanische Erweiterung desselben in den meisten Fällen nicht vollständig zu erreichen. Die nicht erweiterten Teile des Kanals sollen durch das verwendete Medikament ebenfalls steril gemacht werden, sie enthalten aber noch jauchige Massen in großer Menge, die eine einwandfreie Durchdringung mit dem Medikament sehr erschweren. Dabei können wir die Medikamente in ihrer Wirkung auf Kulturen nicht unbeschränkt steigern, da eine zu große Tiefenwirkung derselben bei längerem Belassen im Kanal zu Schädigungen des Periodonts führen würde.

Im Laufe der letzten Jahre sind in der Fachliteratur eine ganze Reihe von Abhandlungen veröffentlicht worden, in denen auf die außerordentliche Bedeutung der Diathermie zur Behandlung von Zähnen mit periapicalem Herd hingewiesen wurde.

Vorliegende Arbeit soll über die Brauchbarkeit der Diathermie in der zahnärztlichen Privatpraxis Aufschluß geben.

Wesen der Diathermie.

Joule war der erste, der erkannte, daß der elektrische Strom beim Durchgang durch einen Leiter eine sogenannte Widerstandswärme erzeugt und hat dieselbe gesetzmäßig bestimmt. Der menschliche Körper stellt für den elektrischen Strom ebenfalls einen Leiter dar, dessen Widerstand mit den durchflossenen Organen wechselt.

Der gewöhnliche Lichtstrom von 110—220 Volt eignet sich zu diesem Zwecke nicht, da er zu große Reizwirkungen auf das Nervensystem besitzt. Im Gegensatz dazu stehen die Hochfrequenzströme; dieselben zeigen beim Durchgang durch den Körper eine reine Wärmewirkung ohne Reizungen des Nervensystems.

Tesla war der erste, der Wechselströme von sehr hoher Frequenz darstellte, ihm wie d'Arsonval, Bordier, Lecompt fielen die starken Erwärmungen auf, die beim Durchfließen des Körpers durch diese Ströme erzeugt wurden. Von Zeyneck war der erste, der den Wert dieser Ströme erkannte und sie zur Behandlung eines steifen Gelenkes verwendete.

Den bis dahin verwendeten Teslaströmen haftete aber noch der Nachteil an, daß sie nicht kontinuierlich waren. Dem Dänen Poulsen gelang es, durch Verwendung des elektrischen Lichtbogens fast kontinuierliche Ströme zu erhalten, aber erst durch die Einführung der Löschfunkenstrecke durch den Physiker Wien konnten Ströme von kontinuierlichem Verlauf und genügender Intensität erzeugt werden. Was eine nähere physikalische Erklärung betrifft, wird auf die

Lehrbücher von Kowarschik, Nagelschmidt oder Flohr (Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde) verwiesen.

Die Übertragung des Stromes auf den Körper erfolgt durch zwei, den beiden Polen des Hochfrequenzapparates entsprechenden Platten, die an den Stellen des Körpers, die erwärmt werden sollen, aufgelegt werden. Man unterscheidet zwischen medizinischer und chirurgischer Diathermie. Unter medizinischer Diathermie versteht man die Erwärmung einer größeren Partie des Körpers wenig über die Körpertemperatur. Wir erreichen dies dadurch, daß, wie oben gesagt, am Körper die beiden Elektroden — die meistens durch zwei Bleiplatten dargestellt werden — so anlegen, daß der Strom beim Übergang von einem Pol zum andern den zu erwärmenden Körperbezirk durchfließt. Die Erwärmung wird dabei so bemessen, daß sie der Patient ohne Beschwerden aushalten kann. In bezug auf die Leitfähigkeit der Organe leitet der Knochen denselben am wenigsten, reich vaskularisierte, lockere Gewebe am besten. Der Strom resp. die Stromlinien werden also beim Auftreffen auf einen Knochen versuchen, denselben zu umgehen, wodurch eine Verdichtung derselben in seiner Umgebung entsteht. Diese Verdichtung bedingt eine stärkere Erwärmung.

Wir sehen aus dem oben Gesagten, daß eine Verdichtung der Stromlinien eine stärkere Erwärmung bedingt. Diese Verdichtung können wir auch dadurch erhalten, daß wir die aktive Elektrode, d. h. die Eintrittsstelle des Stromes verkleinern. Bei gleichbleibendem Strom treten aus der verkleinerten Elektrode die gleiche Anzahl Stromlinien aus, wodurch in der Gegend der Eintrittsstelle eine höhere Temperatur auftritt. Verkleinern wir die aktive Elektrode noch mehr, bis sie punktförmig wird, so erhalten wir bei gleichem Strom an der Applikationsstelle eine maximale Temperatur: das Gewebe wird koaguliert. In diesem Falle sprechen wir von chirurgischer Diathermie, da die Gewebskoagulation in der Chirurgie schon seit einiger Zeit bei Operationen verwendet wird.

Wie weiter oben bemerkt, ist es unmöglich, alle organische Substanz aus den vielen Seitenzweigen des Wurzelkanals zu entfernen. Da nun bei der Gangrän alle diese Seitenzweige als infiziert angesehen werden müssen, ist es klar, daß ein Enderfolg der Behandlung nur dann sicher gestellt ist, wenn diese Massen steril gemacht und mit einem Dauerantiseptikum steril erhalten werden. Da nun bekannt war, wie schwierig diese infizierten Massen mit Medikamenten zu beeinflussen waren, lag die Idee nahe, zu versuchen, dieselben durch Hitze zu koagulieren und damit die darin enthaltenen Bakterien zu vernichten. Klein (Wien) war der erste, der auf die Bedeutung der Diathermie aufmerksam machte, aber erst durch die Untersuchungen

Sturm's erfuhr die Methode eine große Verbreitung. Unabhängig und gleichzeitig mit ihm arbeitete Kristiansen (Dänemark). Er berichtete vor allem über seine Erfolge bei der Gangrän-Behandlung und schuf dazu ein spezielles Besteck. Seine Erfolge bewirkten, daß in den letzten Jahren die Methode eine immer größere Ausbreitung gefunden hat; die Ansichten über den Wert derselben gehen aber stark auseinander.

Die Anwendung der Diathermie auf zahnärztlichem Gebiet geschieht folgendermaßen: Als aktive Elektrode wird eine feine Nadel verwendet, die passive Elektrode gibt man dem Patienten in die Hand oder läßt ihn darauf sitzen. Durch Einführung der Nadel in den Wurzelkanal und gleichzeitiges Einschalten des Stromes erhalten wir einen Stromübergang mit anschließender Erhitzung im Innern der Wurzel. Der Zahn als solcher stellt einen für den Diathermiestrom schwierig zu durchdringenden Leiter dar, ohne aber, wie es Becker auffaßt, ein Isolator zu sein. Er steht an gleicher Stelle in der Widerstandsreihe wie der Knochen. Der Strom versucht nun, sich auf dem Wege des geringsten Widerstandes auszubreiten und hat dabei folgende Möglichkeiten: entweder er geht via Wurzelkanal, wenn dieser feucht und durchgängig ist, und geht entweder durch Seitenkanäle oder apicale Verästelungen in den Körper, oder, wenn eine Flüssigkeitsbrücke zwischen Zahninnerem und Gingiva besteht, benutzt er diese, oder bei Fehlen dieser Brücke und nicht durchgängigem Kanal durchdringt er das Dentin unter der Bedingung, daß dieses mit Feuchtigkeit durchtränkt ist.

Der durch den Kanal gehende Strom folgt dem Lumen desselben, die Stromlinien erfahren gegen den Apex hin eine Zusammendrängung, die am Foramen apicale maximal wird; beim Austritt in das reich vaskularisierte Periodont können sie sich ungehindert ausbreiten, weil hier der Widerstand stark sinkt. Diese Tatsache soll bei der Behandlung zu Nutze gemacht werden durch Wählen einer Stromdosis, die einerseits zum Abtöten der Bacterien im Kanal genügt, andrerseits keine Schädigungen des Periodonts verursachen kann.

An diesem Punkt gehen nun die in der Literatur vertretenen Meinungen stark auseinander. Weiter oben wurde angeführt, daß nicht nur die im Kanale vorhandenen jauchigen Massen als infiziert angesehen werden müssen, sondern auch die periapicalen Herde. Von der einen Seite wird daher verlangt, daß nicht nur der Wurzelkanal, sondern auch das am Apex sich befindliche Granulationsgewebe verkocht werden soll (um dadurch zu gleicher Zeit eine Vernichtung der darin enthaltenen Bacterien herbeizuführen), während auf der andern Seite von einem solchen Vorgehen wegen seiner Gefährlichkeit — zu große Verbrennung, Reinfektion des koagulierten Gewebes — abgeraten

wird. Diese Meinungsverschiedenheit bedingt auch ein starkes Variieren der Ansichten über die zu verwendende Temperatur.

Die zum Abtöten notwendigen Temperaturen (auf Kulturen bezogen) schwanken zwischen 60 und 80 Grad C. Streptococcenkulturen können bis eine halbe Stunde lang einer Temperatur von 60 Grad ausgesetzt werden und nachher immer noch ein Wachstum zeigen. Es würde sich also bei der Temperaturapplikation im Zahn darum handeln, eine höhere Temperatur als 60 Grad zu erzeugen: die kurze Applikationsdauer einerseits, andererseits die Tatsache, daß die Dentinkanälchen bis tief hinein infiziert sind, verlangen eine höhere Temperatur, um durchsterilisiert zu werden.

Beim Durchgehen der Literatur (Feiler, Flohr, Münzesheimer) variieren die Temperaturangaben außerordentlich: auf der einen Seite werden solche von 70—75 Grad als genügend erachtet, während auf der andern Seite solche von mehreren hundert Grad verlangt werden. Ohne auf diese Temperaturen näher einzugehen — siehe praktischer Teil — muß von vorneherein gesagt werden, daß dieselben sehr schwer zu bestimmen sind. Flohr hat Messungen mit in den Kanal gelegten Thermoelementen gemacht; bei der von ihm verwendeten Stromstärke hat er 70—75 Grad gefunden; die Messungen mit Thermoelementen dürften aber wegen der Trägheit derselben und den dabei auftretenden Temperaturverlusten nicht sehr genau sein.

Als Übersicht aus der bis heute über Diathermie erschienenen Literatur ergibt sich folgendes: der leitende Gedanke bei dieser Methode ist, erstens die im Kanal befindlichen, jauchigen Massen nebst den darin enthaltenen Bakterien durch Koagulation und Anwendung eines Medikaments steril zu machen und zweitens durch Erzeugung einer tiefgehenden Hyperämie die Abwehrkräfte des Körpers in größerem Maße als bisher hinzuzuziehen. Es herrscht eine allgemeine Meinungsverschiedenheit über die anzuwendenden Stromdosen (Temperatur) und die Dauer ihrer Anwendung; dabei ergibt sich aber doch, daß die Diathermie eine große Lücke im Wurzelbehandlungsproblem ausfüllen soll und sogar als Lösung desselben bezeichnet worden ist.

Theoretische Kritik.

Es fällt beim Durchgehen der Literatur auf, daß, obgleich alle Autoren der Diathermie als solcher die sterilisierenden Eigenschaften nachsprechen und der Koagulation der Bakterien den Haupterfolg zuteilen, doch immer noch ein Medikament von ziemlich starker, desinfizierender Wirkung mitverwenden. Bei kritischem Studium der bisher erhaltenen Resultate stellen sich daher folgende Fragen:

1. Ist die Diathermie als solche, d. h. die reine, durch den Diathermiestrom erzeugte Hitze zur Sterilisation des infizierten Dentins und der jauchigen Massen genügend?

2. Wird die Hinzuziehung eines Medikaments als Kompromißlösung verwendet, oder soll das Medikament nur zur Steigerung der reinen Diathermiewirkung, die an und für sich schon genügen würde, dienen?

3. Oder kann evtl. ein auf andere Art und Weise erhitztes Medikament (z. B. mit der Rumpelnadel, wie dies W a s g i e n erwähnt), ohne Hinzuziehung der Diathermie, die gleichen Resultate zeigen?

Frage 1 ist theoretisch zu verneinen, wenn nur Temperaturen von ca. 70 Grad C., wie dies F l o h r angibt, auftreten. Wir haben es bei infizierten Zähnen vor allem mit einer Strepto- und Staphylokokkeninfektion zu tun. Wie schon Seite 7 erwähnt, können z. B. Streptokokken eine halbe Stunde lang einer Temperatur von 60 Grad ausgesetzt werden und nachher dennoch ein Wachstum zeigen. Es würde sich also bei einer reinen Hitzesterilisation darum handeln, entweder eine Temperatur von 60 Grad ca. eine Stunde lang wirken zu lassen oder aber eine solche von 100—120 Grad kürzere Zeit zu applizieren. Beides ist aber nicht möglich: ersteres einerseits wegen der Ablehnung des Patienten, andrerseits wegen der trotz relativ niederen Temperatur eintretenden Gewebsschädigung — Körpereiweiß kann je nach Salzkonzentration und Zusammensetzung schon bei 50 Grad koagulieren —; bei letzterem müßte die Hitze, um eine Gewebsschädigung zu vermeiden, so kurz appliziert werden, daß sich die Frage stellen würde, ob überhaupt eine sterilisierende Wirkung eingetreten sei. Im weiteren stellt das Dentin kein Wärmeisolationsmaterial dar, so daß die geringste Überdosierung Koagulationen im Periodont hervorrufen müßte, abgesehen davon, daß die nicht lokalisierbaren Seitenkanäle einen sofortigen Hitzedurchgang ins Periodont gestatten würden. Wenn auch das Periodont reich vaskularisiert ist und für den Abtransport der Wärme sorgen kann, so würde doch eine solche Temperatur Schädigungen derselben bewirken.

Auf diese Frage soll später bei den praktischen Versuchen noch einmal eingegangen werden.

Zu Frage 2 ist zu bemerken: wenn ein Medikament zur Diathermiesterilisation verwendet werden m u ß, können wir nicht mehr von einer reinen Diathermiesterilisation sprechen. Was unter Frage 1 erwähnt wurde, läßt die Vermutung nahe treten, daß entsprechend der Schwierigkeiten, die einer reinen Hitzesterilisation entgegentreten, ein Medikament herbeigezogen werden muß, weil der Diathermiestrom, entsprechend den geringen Temperaturen, die verwendet werden können, allein nicht imstande ist, die Bakterien zu vernichten. Das unter 2 Gesagte führt aber zu Frage 3:

Handelt es sich bei Diathermie + Medikament um eine Kombinationswirkung oder wirkt nur das erwärmte Medikament, dessen infizierende Wirkung bedeutend größer ist, als die eines nicht erwärmten? (s. prakt. Teil) — eine Frage, die schon von Wasgien aufgeworfen worden ist. Ist letzteres der Fall, so wird die Diathermie als solche hinfällig, da das gleiche Resultat auch mit der elektrisch geheizten Nadel erreicht werden kann.

Praktischer Teil.

1. Versuche in vitro.

Um die koagulierende Wirkung des Diathermiestromes zu beobachten, wurden eine Anzahl in Kapillaren ausgezogene Glasröhrchen mit einer Eiweißlösung gefüllt ($^1/_3$ Hühnereiweiß + $^2/_3$ Wasser gemischt und filtriert) und die aktive Elektrode in Form einer Nadel in die Röhrchen gebracht, während sich die passive Elektrode in Form einer Bleiplatte auf dem Grunde des Gefäßes befand. Beim Stromdurchgang zeigte sich deutlich ein Ausflocken des Eiweißes in den Kapillaren; außerhalb derselben trat selbst bei stärkster Apparateinstellung keine Koagulation ein.

Obiger Versuch läßt sich natürlich nicht auf die Verhältnisse in vivo übertragen, er zeigt nur die Art des Koagulationsvorgangs und zeigt auch, daß die Koagulation aufhört, sobald sich die Stromlinien ungehindert ausbreiten können. Um Versuche zu machen, die denjenigen in vivo näher kommen, wurden folgende Versuchsanordnungen gemacht:

1. Ein extrahierter Zahn in NaCl physiol. aufbewahrt, wurde mit Erweiterungsinstrumenten bis zum Apex durchgängig gemacht und mit perforiertem Foramen apicale in ein Stück frisches Fleisch gesteckt. Beim Stromdurchgang mit den in der Literatur meistens angegebenen Dosen von ca. 60 Milliampère können kleinste Funken beobachtet werden, die auf das feuchte Dentin überspringen. An einer bestimmten Stelle findet der Stromdurchgang so lange statt, bis dieselbe durch die Hitze trocken ist, nachher kann auch bei stärksten Dosen kein Stromdurchgang mehr erhalten werden.

2. Wird die nadelförmige Elektrode über die Wurzelspitze hinausgeführt, so entsteht im umgebenden Fleisch eine deutlich koagulierte Zone, erkenntlich am Trockenwerden desselben und seiner weißlichen Verfärbung. Feiler schreibt über ähnliche Versuche und sagt, daß bei längerer Applikation und größeren Dosen ein entsprechend größerer Bezirk koaguliert werde. Seine Versuche decken sich aber nicht mit den obigen, indem, wie unter 1 bemerkt, die Koagu-

lation aufhört, sobald sich um die Nadel eine Schicht koaguliertes Eiweiß gebildet hat, die einen weiteren Stromdurchgang verhindert. Die Tiefe der koagulierten Zone ist dabei von der Tiefe, in die die Nadel gesteckt wird, abhängig. Erkenntlich ist ein Aufhören des Stromdurchganges am Zurückfallen des Milliampèremeters.

3. Wird beim Versuchszahn das Foramen apicale nicht eröffnet und der Strom hindurchgeschickt, so beobachtet man Folgendes: bei Anwendung einer nicht zu hohen Dosis findet ein Stromdurchgang so lange statt, so lange noch eine Spur von Feuchtigkeit vorhanden ist; fehlt diese, so tritt auch bei den stärksten Dosen kein Strom mehr über (siehe 1.). Am Foramen apicale zeigen sich die gleichen Verhältnisse, eine Beeinflussung des außerhalb desselben vorhandenen Fleisches findet nur dann statt, wenn plötzlich eine sehr hohe Dosis solange appliziert wird, bis die betreffende Stelle ausgetrocknet ist.

4. Dehnt man den Verkochungsversuch auch auf ein dem Versuchszahn anhängendes Granulom aus, so bildet sich in demselben eine circumskripte Schorfzone; eine größere Ausbreitung derselben kann auch bei verstärkten Dosen nicht erreicht werden (siehe 1.).

5. Zur Kontrolle von Frage 1 auf S. 8 wurde folgende Versuchsanordnung getroffen: Eine größere Anzahl frisch extrahierter, gangränöser Zähne, die in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt worden waren, wurden äußerlich gründlich desinfiziert und in ein Stück frisches Fleisch gesteckt. Die erste Gruppe dieser Versuchszähne wurde in zwei Gruppen geteilt: Solche, die mit Medikament beschickt wurden, — zur Verwendung gelangte Chlorphenol-Kampferlösung — und solche, die nur physiologische Kochsalzlösung enthielten. Ebenso wurde die Dosis verschieden gewählt, bei einigen Zähnen kamen bis zu 200 Milliampère zur Anwendung, beim größeren Teil die in der Literatur am häufigsten vertretene Dosis von 40—70 Milliampère. Es ergab sich dabei nach Untersuchung des umgebenden Fleisches und bakteriologischer Prüfung des Zahninhaltes folgendes Bild:

Zahn	NaCl	CIp Ca	Dosis	bakt. Result.	Bemerkungen
M	+		200 M. A.	—	Fleisch verkocht
P	+		200 „ „	—	„ „
J		+	200 „ „	—	„ „
J		+	200 „ „	—	„ „
J		+	50 „ „	—	keine Verkochung
J		+	60 „ „	—	„ „
J	+		40 „ „	+	„ „
P	+		50 „ „	—	„ „
C	+		50 „ „	+	leichte Verkochung am Apex, dieser war geöffnet

Nach obigen Versuchen wurde eine weitere Zahl von Zähnen in gleicher Weise untersucht, diesmal wurde auf ein Medikament ganz verzichtet und nur die niedrigen Dosen angewendet. Ferner wurden die Versuche insofern modifiziert, als der jauchige Kanalinhalt nur noch oberflächlich entfernt wurde. Der Kanalinhalt wurde belassen, um für die Diathermie die ungünstigsten Bedingungen zu schaffen; durch eine maximale mechanische Erweiterung wird doch der größte Teil des infizierten Dentins entfernt. Die Resultate dieser Untersuchung waren folgende:

Zahn	NaCl	Dosis	bakt. Resultat	Bemerkungen
P	+	60 M. A.	—	keine Verkochung
M	+	60 „ „	—	„ „
J	+	60 „ „	—	„ „
M	+	60 „ „	—	„ „
M	+	60 „ „	—	„ „
C	+	60 „ „	+	„ „
M	+	60 „ „	+	„ „
J	+	60 „ „	—	„ „
P	+	60 „ „	—	Verkochung am Apex

Es wurde bei diesen Versuchen den Verhältnissen in vivo insofern entsprochen als der Strom nie lang andauernd, sondern in Intervallen von ca. 10 Sekunden je 3—5 Sekunden zur Anwendung kam. Dabei wurde die Stromapplikation solange fortgesetzt, bis der Kanalinhalt trocken war. Anschließend erfolgte sofort die Überimpfung auf bereit gehaltene Nährböden.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, daß trotz den auf S. 8 geäußerten Bedenken der Diathermiestrom als solcher, d. h. ohne Mitwirkung eines Medikaments sterilisierend wirkt.

Im weiteren folgt daraus, daß die bisher mit Thermoelementen gemachten Temperaturmessungen infolge der Verluste nicht richtig sind. Es müssen an der Stelle des Stromüberganges, d. h. vor allem an der Nadelspitze bedeutend höhere Temperaturen auftreten und dies vor allem im mechanisch gereinigten Wurzelkanal, wenn von der Elektrode feinste Funken auf die Kanalwand überspringen. Wahrscheinlich treten dabei noch andere Faktoren hinzu, wie dies Münzesheimer und Henseler und Prinz bereits andeuteten.

Als weitere Folgerung finden wir, daß Strommengen von 40—70 M.A. vollständig genügen; wenn in der Literatur an verschiedenen Stellen viel mehr verlangt wird, so liegt dies daran, daß über die im Kanal entstehenden Temperaturen noch keine Klarheit herrscht.

Die Koagulationen des die Zähne umgebenden Fleisches — siehe 1. Versuchszahnreihe — beweist, daß 200 M.A. eine viel zu hohe

Dosis darstellen; in vivo übertragen könnte dieselbe nur unter Lokalanaesthesie verwendet werden und würde dabei zu einer Verkochung des Periodonts und nachfolgender Ausstoßung des Zahnes führen.

Versuche in vivo.

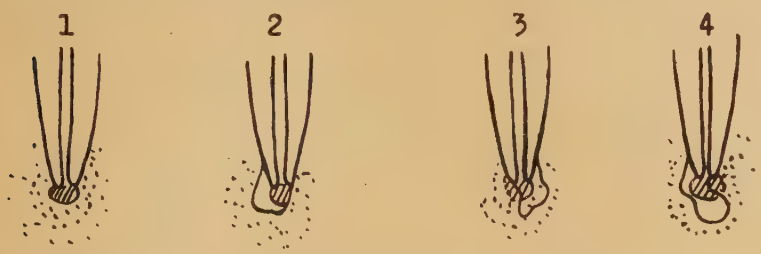
Bevor über die eigentlichen Versuchsresultate berichtet werden soll, sollen zwei, in der Literatur vertretene grundsätzlich verschiedene Prinzipien einander gegenübergestellt und erläutert werden:

Auf Seite 6 wurde bereits erwähnt, daß nicht nur die den Kanal füllenden, jauchigen Massen, sondern auch das außerhalb der Apex befindliche Granulationsgewebe als infiziert angesehen werden muß; von Osten-Sacken fand auf 59 Granulomen nur 25 sterile. Ohne den Ausführungen Rosenows in ihrem ganzen Umfang zu folgen, steht doch fest, daß Infektionen an verschiedenen Stellen des Körpers durch Verschleppung von Bakterien aus einem Granulom entstehen können (focal infection). Daraus erklärt sich die Tendenz vieler Autoren (Becker, H. Prinz, Müller und Klein), das Granulom in die Diathermiebehandlung einzubeziehen, und durch Verkochung desselben die darin enthaltenen Bakterien zu koagulieren oder doch durch die Hitzeapplikation in ihrer Virulenz zu schädigen. Im Anschluß an die Verkochung soll durch Leukocyteninfiltration der Infarkt aufgelöst und der Defekt durch Gewebsneubildung ersetzt werden. Dieser Ansicht steht diejenige Sturms, Münzesheimers und Flohrs entgegen; Münzesheimer erachtet eine Koagulation des Granuloms als überflüssig, indem er dasselbe als sekundäre Erscheinung der primären Infektion des Wurzelkanals betrachtet und ein langsames Verschwinden desselben nach geeigneter Fertigbehandlung des Wurzelkanals und dem dadurch bedingten Aufhören des chronischen Bakteriennachschubs, annimmt.

Die Auffassung, ein Granulom mit den darin enthaltenen Bakterien zu verkochen, um dadurch eine schnellere Resorption zu veranlassen, würde sich bewähren, wenn sich einem solchen Vorgehen nicht andere Bedenken entgegenstellen würden. Diese Bedenken ergeben sich aus folgender Überlegung:

Wird die aktive Elektrode in ein Stück Fleisch gesteckt, und Strom durchgelassen, so bildet sich an ihrer Spitze ein circumscripter Koagulationsschorf. Das gleiche tritt ein, wenn die Nadel in ein Granulom gesteckt wird. Wenn nun ein Granulom als genau kugeliges Gebilde der Wurzelspitze zentrisch aufsitzt, so ist eine Koagulation desselben möglich. In den meisten Fällen ist aber ein Granulom ein um die Wurzelspitze unregelmäßig verteiltes, oft an einer

Seitenwand der Wurzel sich hinziehendes Gebilde. Wenn wir nun in ein solches Granulom eine Elektrode stecken und Strom durchlassen, so entsteht je nach der Tiefe, in die die Nadel gesteckt wurde, ein größerer oder kleinerer Koagulationsschorf, der sich unter Umständen auch auf das gesunde Gewebe (siehe Abb.) erstrecken kann, je nach Lagerung des Granuloms.



////// = verkochte Zone

::::: = gesundes Gewebe

Mit anderen Worten: Die Ausdehnung und Lagerung des Granuloms ist in den meisten Fällen nicht bekannt. Durch Koagulation desselben erreichen wir im günstigsten Falle (1) ein gutes Resultat, in allen anderen Fällen schaffen wir einen Koagulationsschorf, der sich entweder nur auf Teile des Granuloms oder aber auch auf gesundes Gewebe erstrecken kann. In die Schorfzone können aus den nicht koagulierten Teilen des Granuloms noch erhalten gebliebene Bakterien einwandern und finden in dem koagulierten Eiweiß einen sehr günstigen Nährboden, in dem sie sich ohne jede Abwehrreaktion des lebenden Gewebes entwickeln können.

Der Enderfolg wäre also schlechter, als ein intaktes Granulom, das noch einige Bakterien enthält. Die evtl. noch vorhandenen Bakterien werden bei einer einwandfrei durchgeführten Wurzelbehandlung durch die Diathermie infolge ihrer Tiefenwirkung in ihrer Virulenz geschädigt, speziell, wenn dazu noch ein Medikament mit seiner durch die Hitze stark erhöhten desinfizierenden Wirkung hinzukommt. Des weiteren bewirkt die Diathermie selbst in kleinen Dosen eine starke Hyperämie des periapikalen Gewebes, wobei die Abwehrstoffe des Körpers im vermehrten Maße zum Granulom gelangen.

In bezug auf die Granulomverkochung soll hier noch auf einen anderen Punkt eingegangen werden: Vor allem F e i l e r, ferner H e n s e l e r und P r i n z schreiben, daß die Granulome gegen Reize, Nadelstiche oder Diathermieapplikation unempfindlich seien; F e i -

ler schreibt: „Jedoch ist erfahrungsgemäß die Beeinflussung der Granulome direkt nach Durchstoßung des Foramen apicale völlig empfindungslos, was ja durch das Fehlen von nervösen Elementen hinreichend erklärt ist". Im Gegenteil findet man in den meisten Fällen bei Durchstoßung des Foramen apicale und Einstechen einer Nadel ins Granulom eine Schmerzreaktion des Patienten, die sich bei Diathermieapplikation bis ins Unerträgliche steigern kann.

Aus den oben genannten Gründen wurde daher auf eine Verkochung des Granuloms verzichtet und nur der Wurzelkanal als solcher gründlich durchsterilisiert.

Das Vorgehen ist dabei folgendes: Bei akuten Fällen soll der Zahn zuerst geöffnet und einige Tage offen gelassen werden, um ein Abklingen der akuten Erscheinungen zu gewährleisten.

1. Sitzung.

a) Öffnen des Zahnes, gründliches Ausbohren alles erweichten Dentins und oberflächliche Reinigung des Wurzelkanals mit einem feinen Beutelrock-Bohrer oder Nervextraktor.

b) Überschwemmen des Kanals mit Chlor-Phenol-Kampferlösung und gründliches Trocknen der Cavitätenränder (damit keine Flüssigkeitsbrücke zwischen Zahninnern und Gingiva besteht).

c) Erste Diathermieapplikation je 3—5 Sekunden mit Unterbruch so lange fortgesetzt, bis das im Kanal enthaltene Medikament verdampft ist.

d) Gründliches E r w e i t e r n des Kanals.

e) Nochmalige Diathermieapplikation nach leichtem Anfeuchten des Kanals in Chlor-Phenol-Kampfer. Übertretenlassen feinster Funkenbündel auf die Kanalwand, indem mit der Nadelspitze dem Kanal entlang gefahren wird. Diathermieapplikation mit abwechselnder Reinigung mit H_2O_2 und mechanischer Erweiterung werden solange fortgesetzt, bis der jauchige Geruch verschwunden ist.

f) Nochmaliges Ausbohren des Kanals, Auswaschen mit H_2O_2 und Trocknen mit Warmluft.

g) Materialentnahme mit sterilem Instrument und sofortiges Überimpfen auf den bereitgehaltenen Nährboden.

h) Einlage mit Chlor-Phenol-Kampfer während 1—2 Tagen.

2. Sitzung.

Wie 1, nur Abschluß mit Wurzelfüllung.

Viele Autoren empfehlen sofortige Wurzelfüllung nach der ersten Sitzung. Dies erscheint jedoch verfrüht, es dürfte doch besser sein, wenn der Zahn vor der definitiven Füllung vor allem in bezug auf Bestehenbleiben einer Sekretion aus dem periapicalen Gebiet noch kontrolliert werden kann.

Als Wurzelfüllung wurde in allen Fällen die Walkhoff'sche Jodoformpaste verwendet. Bei offenem Foramen apicale wurde nach Walkhoff ein geringes Quantum der Paste in das Granulom gefüllt, wobei es sich empfiehlt, die Zähne, wenn möglich nach 2—4 Wochen nochmals zu kontrollieren und evtl. nochmals etwas Jodoformpaste — die außerhalb des Apex sehr rasch resorbiert wird — nachzustopfen.

Dosierung.

Wie schon weiter vorne bemerkt, sind in der Literatur die verschiedensten Dosen angegeben, ebenso herrscht Meinungsverschiedenheit über An- oder Nichtanwendung der Anaesthesie. Zu niedere Dosen stellen die Sterilisation in Frage, zu hohe können Verbrennungen verursachen.

Die richtige Methodik scheint daher diejenige zu sein, zuerst an Hand einer größeren Anzahl von frisch extrahierten Zähnen die Minimaldosis, die zur Sterilisation genügt, zu ermitteln und diese Dosen dann auf den Patienten ohne Anaesthesie zu übertragen. Auf diese Weise erhalten wir einen Minimalwert der Stromdosis, von dem wir wissen, daß er sicher sterilisierend wirkt, und können an Hand der infolge Fehlens der Anaesthesie erhalten gebliebenen Reaktion des Patienten bestimmen, ob diese Dosis für das lebende Gewebe erträglich ist oder nicht. Die Anaesthesie ist wegen Überdosierungsgefahr abzulehnen, dürfte aber bei Kenntnis der unschädlichen Dosen bei hypersensiblen Patienten dennoch angewendet werden.

Um nun eine noch größere Sterilisationssicherheit zu erhalten, kann die Minimaldosis in vivo evtl. bis zur sogen. Toleranzgrenze gesteigert werden. Diese ist abhängig von:

1. Weite des Foramen apicale; je weiter dieses ist, umso leichter geht der Strom ins periapicale Gewebe und umso schneller erhalten wir eine Reaktion.
2. Durchgängigkeit der Wurzel; ist diese nicht durchgängig, so kann der Strom länger appliziert werden,
3. Dicke der Dentinschicht; bei grazilen Zähnen, z. B. unteren Schneidezähnen wird die Toleranzgrenze schnell erreicht.
4. Alter der Zähne. Mit zunehmendem Alter und dementsprechend stärkerer Verkalkung der Zähne steigt die Toleranzgrenze.

Im allgemeinen kommen Dosen zwischen 40 und 60 M.A. zur Verwendung; die Applikationsdauer soll dabei ca. 3—5 Sekunden mit Unterbruch und anschließendem Erweitern des Kanals so lange fortgesetzt werden, bis der jauchige Geruch verschwindet. Nach zweitägiger Chlor-Phenol-Kampfereinlage wird der Prozeß wiederholt und die Wurzelfüllung gemacht. Im Anschluß an die Behandlung

zeigt sich oft eine Perkussionsempfindlichkeit des Zahnes, die aber in den meisten Fällen als Reaktion auf die Jodoformpaste aufzufassen ist.

Bakteriologische Untersuchung.

Über die bakteriologische Untersuchung d. h. über den Wert derselben sind die Meinungen geteilt. Flohr mißt derselben eine große Bedeutung bei und hat dabei allgemein gute Resultate erhalten; im Gegensatz dazu steht Wasgien den bakteriologischen Nachprüfungen Flohrs eher skeptisch gegenüber. Er schreibt dessen gute Resultate dem Umstande bei, daß dieser noch Medikament enthaltendes Material aus dem Wurzelkanal überimpfte und daß aus diesem Grunde kein Bakterienwachstum nachweisbar war. Wasgien empfiehlt, nach der Diathermiebehandlung den Zahn mit einem Wattefaden und Bouillon zu beschicken und diesen nach einigem Belassen im Kanal überzuimpfen. Beim obigen Vorgehen erhielt er in den meisten Fällen ein Wachstum. Dieses scheint sehr begreiflich. Erstens ist die sterile Einführung eines solchen Wattefadens in den Kanal an und für sich sehr schwierig und ferner stellt die Bouillon bei Körpertemperatur einen so günstigen Nährboden für Bakterien dar, daß eine Einwanderung derselben aus dem periapicalen Gewebe unvermeidlich ist. Wenn auch die Diathermie sehr günstige Resultate gibt, so gestattet sie dennoch nicht das Füllen eines Zahnes mit einer Nährlösung ohne nachfolgendes Auftreten von Bakterien. Grundprinzip jeder Wurzelbehandlung und vor allem der Gangränbehandlung ist sofortiges Abfüllen des desinfizierten Kanals mit einem bakteriendichten Dauerantisepticum.

Zu vorliegender Arbeit wurden die bakteriologischen Untersuchungen in folgender Weise gemacht:

Nach gründlicher Reinigung und Erweiterung des Kanals wurden Krone und Pulpacavum mit Jodtinktur 5%ig abgetupft und getrocknet. Dann erfolgte eine nochmalige leichte Erweiterung des Kanals, um evtl. medikamenthaltiges Material zu entfernen. Erst jetzt erfolgte die Materialentnahme zur bakteriologischen Untersuchung mit sterilem Beutelrockbohrer und sofortige Überimpfung auf den bereit gehaltenen Schräg-Agar. Nach 24-stündiger Bebrütung erfolgte die Kontrolle, wobei sich die Resultate folgendermaßen verteilen:

70 % der untersuchten Fälle steril
20 % nicht steril
10 % fraglich.

Liste der am zahnärztlichen Institut Tübingen mit Diathermie behandelten Patienten.

Name	Alter	Zahn	Dosis	bakt. Befund	Bemerkungen
Merkle, J.	34	^{1}P	60 MA	—	Zahn zweiwurzlig.
„		^{2}P	„ „	—	„ „
„		^{1}M	„ „	—	bakt. nicht untersucht. Zahn wurde extrahiert.
Brenner, M.	11	^{1}J	50 „	—	ziemlich empfindlich wegen weitem Foramen apicale.
Möst, M.	27	^{2}P	50 „	—	Zahn zweiwurzlig, wurde wegen Fraktur extrahiert.
Danner, J.	?	M^{1}	70 „	—	Drei Wurzeln; durchgebrochene Parulis; akute Erscheinungen nach 1. Sitzung abgeklungen.
Mayer, L.	?	J^{1}	60 „	—	Zahn wegen Nichterscheinens der Patientin nicht abgefüllt.
Ditting, W.	23	M^{1}	60 „	—	Zahn dreiwurzlig, wovon zwei nicht durchgängig.
X. Y.	?	^{1}M	70 „	—	Zahn vier Wurzeln; nach der 1. Applikation leicht empfindlich. Sofortige Füllung mit Jdoformpaste.
Walker, Frau	?	J^{1}	60 „	—	Zahn wurde extrahiert.
		^{2}J	„ „	—	Extrahiert.

Zusammenfassung.

Es ist vorauszuschicken, daß die vorliegenden Untersuchungen kein abschließendes Urteil über die Methode gestatten; vor allem die Unmöglichkeit einer Nachuntersuchung — es handelt sich beim Patientenmaterial meistens um auswärtige Patienten — gestattet kein Urteil, ob es sich um Dauerresultate handelt oder nicht. Trotzdem kann aber über die in einer ganz bestimmten Richtung ausgeführten Untersuchungen folgendes gesagt werden:

1. Frage 1 der Kritik Seite 11 ist zu bejahen. Die Diathermie als solche ist im Stande, bei Verwendung von Dosen von 40—60 Milliampère, ohne Verwendung eines Medikamentes Sterilität des behandelten Zahnes zu erreichen.

2. Eine genaue Angabe der im Zahn bei Verwendung obiger Dosen entstehenden Temperaturen ist bis heute infolge Fehlens einer genauen Meßmethode nicht möglich. Die Temperaturen dürften aber über 100 Grad C liegen.

3. Die Verwendung eines Medikamentes erfolgt zur Steigerung der Diathermiewirkung, wobei auch die gesteigerte bakterizide Wir-

kung eines erwärmten Medikamentes kommt. Zur Verwendung können vor allem Chloramin, Hypochlorit, Chlorphenol-Kampfer oder Chlorphenol-Kampfer-Menthol (Walkhoff 3) kommen.

4. Die Diathermie kann bei allen Zähnen verwendet werden, wenn auch die Anwendung derselben für M_2 und M_3 oft auf größere Schwierigkeiten stoßen dürfte. (Schwierigkeiten des Einführens der Elektrode.)

5. Eine Sitzung sollte selbst in den günstigsten Fällen nicht als genügend erachtet werden. Durch eine 1—2tägige Einlage mit einem Desinfizienz wird die Kontrolle einer ev. noch bestehenden Sekretion ermöglicht und dadurch die Aussicht auf ein Dauerresultat gesteigert.

6. Es ist keine Kontraindikation gegen die Verwendung der Diathermie zur Behandlung der Gangrän in der zahnärztlichen Privatpraxis vorhanden. Wird die Methode mit genügender Sorgfalt und genauer Kenntnis des Vorgehens angewendet, so lassen sich damit sehr gute Resultate, verbunden mit einer großen Zeitersparnis gegenüber den mechanisch-medikamentösen Methoden erreichen.

Am Schlusse meiner Ausführungen möchte ich nicht versäumen, Herrn Prof. Dr. Peckert für seine freundliche Mithilfe, Überlassung der Apparatur und Übernahme des Berichts bestens zu danken.

Ebenso ist es mir eine angenehme Pflicht, dem Vorstand des hygienischen Instituts, Herrn Prof. Dr. Wolf meinen verbindlichsten Dank für die Überlassung der Nährböden und die Erlaubnis, im hygienischen Institut zu arbeiten, auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Balters: Beiträge zur Wurzelbehandlung. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. Nr. 1, 1928.

Becker: Die Diathermie im Dienste der Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 28, 1919.

Christiansen: Die Diathermie in der Zahnheilkunde. Vierteljahrsschr. f. Zahnheilk. Nr. 4, 1929.

Eisex: Über Diathermie in der Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 34, 1924.

Ebbers: Die chirurgische Diathermie in der Zahnheilkunde. Nr. 20, 1930.

——, Beitrag zur Frage der Diathermie in der Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 43, 1930.

——, Erwiderung auf eine Arbeit Sturm's. Zahnärztl. Rundsch. 1930.

Feiler: Zur Behandlung der Paradentitis apicalis mit chirurgischer Diathermie. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 46, 1929.

——, Die Ausheilung der Granulome und Fisteln mit chirurgischer Diathermie. Deutsche zahnärztl. Wochenschr. Nr. 20, 1930.

Flohr: Die chirurgische Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 7, 1929.

——, Die sogenannte medizinische und chirurgische Diathermie in der Praxis des Zahnarztes. Zahnärztl. Rundsch. 1929.

——, Die chirurgische Diathermie bzw. Elektrocoagulation bei der Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 7, 1930.

——, Die chirurgische Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rnudsch. Nr. 13. 1930.

——, Ein Beitrag zur Diathermiebehandlung. Zahnärzt. Rundsch. Nr. 48. 1930.

——, Über chirurgische Diathermie in der konservierenden Zahnheilkunde. Deutsche zahnärztl. Wochenschr. Nr. 21, 1930.

——, Die Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde. Verlag Meusser, Berlin, 1930.

Gebbert: Über einen neuen kleinen Pulpadiathermieapparat. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 29, 1931.

Henseler; Prinz: Die praktische Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde. Radionta Verlag, Berlin N. 24.

Klein: Einige Mitteilungen über die Anwendung des Diathermiestromes in der Zahnheilkunde. Zeitschr. f. Stomat. Mai 1929.

Krüger: Die chirurgische Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 12. 1930.

Müller: Die Verwendung der Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Deutsche zahnärztl. Wochenschr. Nr. 21, 1930.

Münzesheimer: Stellungnahme zur Diathermiebehandlung. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 12, 1930.

Neumann: Die chirurgische Diathermie bei der Wurzelbehandlung. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 2, 1930.

Sturm: Über Aseptik und Kaltkaustik bei Wurzelbehandlungen. Zeitschr. f. Stomatologie, Okt. 1927.

Wasgien: Die Diathermie im Dienste der Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 41, 1929.

——, Kritische Betrachtungen über die Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde, über ihre Indikation und ihre Grenzen. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 14, 1930.

——, Noch einige Bemerkungen über die Anwendung der Diathermie in der Zahnheilkunde. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 32, 1930.

——, Weitere Bemerkungen über die Anwendung der Diathermie in der konservierenden Zahnheilkunde, über ihre Indikationen und ihre Grenzen. Zahnärztl. Rundsch. Nr. 9, 1931.

Lebenslauf.

Geboren am 12. April 1906 als einziger Sohn des August Flury, Zahnarzt in Zürich, verbrachte ich, Werner Flury, meine Jugendzeit daselbst und besuchte hier die Primarschule. Nach Absolvierung des Gymnasiums in Zürich und Zug bestand ich hier (Kantonsschule Zug) im Sommer 1926 meine Reifeprüfung und immatrikulierte mich im Herbst an der Universität Zürich. Das Wintersemester 1926/27 verbrachte ich in Zürich, im Sommersemester 1927 studierte ich an der Universität Freiburg i. Schweiz und bestand dort am Ende desselben meine erste Vorprüfung.

Zurückgekehrt nach Zürich absolvierte ich die beiden vorklinischen Semester und immatrikulierte mich, nachdem ich im Herbst 1928 die zweite Vorprüfung für Zahnärzte bestanden hatte, am zahnärztlichen Institut Zürich. Nach den vorgeschriebenen vier klinischen Semestern erlangte ich hier im Herbst 1930 mein eidgen. Diplom als Zahnarzt.